

学校编码: 10384

学 号: 19920071151144

分类号_____密级_____

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

装载机驱动桥壳有限元分析与结构优化

The Finite Element Analysis and Structure Optimization for the
Drive Axle Housing of loader

黄 燕 群

指导教师姓名: 吴晓明 副教授

专 业 名 称: 机械制造及其自动化

论文提交日期: 2 0 1 0 年 5 月

论文答辩时间: 2 0 1 0 年 6 月

学位授予日期: 2 0 1 0 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 6 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

摘 要

轮式装载机是集装载、运输和卸料于一体用途较广的施工机械，是工程机械中发展最快、市场需求最大的机种之一。随着近年来出口销售量的不断攀升，目前中国已然占据国际装载机的三分之二的份额。作为重要的工程设备，作为我国工程行业的一面大旗，要保障我国装载机持续快速稳步的发展，就必须加强对其各部件工艺，结构的研究，以实现产品全面升级和技术改造。

近年来我国经济建设发展快速，各类基础设施建设工程项目的增多，国外先进工程机械先后涌入中国市场，同时用户对装载机吨位的要求也不断加大，对装载机动力性能提出了更高的要求。驱动桥壳是装载机的重要部件，起着支撑车辆荷重的作用，并将载荷传给车轮，同时作用在驱动车轮上的牵引力、制动力、侧向力和垂向力也是经过驱动桥壳传到车架上的。因此驱动桥壳即是承载件又是传力件，而且它还是主减速器、差速器及驱动车轮传动装置的外壳。其结构是否有足够的强度与刚度，良好的动态特性和足够的疲劳寿命具有重要的意义。

本论文结合我国最为典型的 ZL50 型轮式装载机，对驱动桥壳的性能进行多方面的研究。研究的主要内容：一、分析多种典型工况下的装载机及其驱动桥受力情况。二、采用 VisualBasic 语言编制了一套通用性很强的整车和驱动桥壳的受力程序。三、利用 SolidWorks 软件建立了装载机驱动桥壳三维模型，在有限元分析软件 Ansys Workbench Environment 中进行典型工况下的静动态特性分析和疲劳分析。四、通过对驱动桥壳的有限元分析结合实际作业中桥壳出现的问题，对其做出相应的结构改进。

关 键 词：驱动桥壳 有限元分析 结构优化

Abstract

Wheel loader, with the features of loading, transport and unloading, is a kind of construction machinery, which is widely in use. It is one of the fastest developed and the biggest market demand machinery. With the increasing volume of export sales, China currently has accounted for two-thirds share in the international loader market. As an important engineering equipment and a representative of China's engineering industry, we must strengthen our study on component technology and structure in order to realize products overall upgrading and technological innovation, thereby ensure a sustained, rapid and steady development in China's loader industry

With the rapid economic progress in China of late years and the increase of various types of infrastructure, foreign advanced construction machinery has been swarming into China market successively, and meanwhile the users put forward a higher request of loader's tonnage as well as its power performance. The drive axle housing, an important component, plays a role in supporting the vehicle load and transferring the load to the wheels. Simultaneously the pulling force, braking force, lateral force and vertical force acting on the wheel transfer to the frame of loader by way of the drive axle housing. The drive axle housing can be both loads bearing and Transmission body. In addition, it is also the hull of final drive, differential and wheel drive.

The thesis focuses on the performance of the drive axle housing, taking China's most typical wheel loader, model ZL50 for example. It mainly contains as follows: first, analyze the stress status of the loader as well as the drive axle housing under diversified typical operating condition. Secondly, work out a widely applicable stress program of the loader and the drive axle housing in Visual Basic language. Thirdly, construct a 3D model of the drive axle housing by SolidWorks and utilize the finite element analysis software Ansys Workbench to conduct the static and dynamic analysis and fatigue analysis under typical operating condition. Fourthly,

analyze the finite element of the drive axle housing combining with the practical problems, thereby improve the corresponding structure.

Key words: drive axle housing Finite Element Analysis Structure Optimization

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
第一章 绪论	1
1.1 课题的背景与意义	1
1.2 轮式装载机	2
1.3 驱动桥桥壳结构、发展现状及趋势	3
1.3.1 驱动桥桥壳主要结构.....	4
1.3.2 国内外轮式工程驱动桥发展现状及趋势.....	5
1.4 研究现状与成果	6
1.4.1 有限元法.....	6
1.4.2 优化算法.....	9
1.4.3 可靠性工程.....	9
1.4.4 虚拟现实.....	10
1.5 课题来源与研究的内容	11
第二章 典型工况下装载机桥壳受力分析.....	13
2.1 各工况下装载机的受力分析	13
2.1.1 装载机各工况的确定.....	13
2.1.2 四种典型工况下整车受力计算.....	14
2.2 桥壳的具体受力情况	19
2.2.1 车轮中心受力分布情况.....	19
2.2.2 内外轴承处受力情况.....	19
2.2.3 桥上转矩的计算.....	20
2.3 运用 VB 计算桥壳受力	22
2.3.1 VB 的优点	22
2.3.2 VB 计算结果	24
2.4 结论	25

第三章 桥壳的有限元静力学分析	26
3.1 有限元法与所用工具软件	27
3.1.1 有限元法的基本思想和基本方程.....	27
3.1.2 Solid Works.....	27
3.1.3 Ansys Workbench Environment.....	29
3.2 三维模型和有限元模型的建立	30
3.2.1 模型的建立和简化.....	30
3.2.2 有限元模型的建立	31
3.3 三种工况下桥壳静力学分析	33
3.4 本章小结	37
第四章 桥壳的模态分析与疲劳分析	38
4.1 桥壳的模态分析	38
4.1.1 有限元模态分析理论.....	39
4.1.2 有限元模态分析步骤.....	40
4.1.3 模态计算结果与分析.....	41
4.2 桥壳的疲劳分析	44
4.2.1 疲劳概述.....	44
4.2.2 S-N 曲线.....	44
4.2.3 疲劳分析步骤.....	47
4.2.4 疲劳分析结果.....	48
4.3 本章小结	48
第五章 桥壳的结构优化	49
5.1 桥壳壳体的常见状况	49
5.2 优化设计基本原理及其流程	51
5.3 桥壳优化方案	53
5.3.1 改变桥壳壁厚.....	53
5.3.2 改变支耳安装定位结构.....	54
5.3.3 改变安装位置.....	55
5.3.4 改变连接方式.....	56

5.4 桥壳结构最佳方案	59
5.5 本章小结	60
第六章 结论与展望	61
参 考 文 献	63
致 谢.....	66

厦门大学博士论文摘要库

Table of Contents

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	II
Charter 1 Introduction	1
1.1 Project Background and Significance	1
1.2 Wheel loader	2
1.3 Driving Axle Housing's Structures、 Status and tendency	3
1.3.1 Main Structures of Drive Axle Housing	4
1.3.2 Status and tendency of Wheel Drive Axle at Home and Abroad	5
1.4 Current Research and Achievements	6
1.4.1 The Finite Element Method	7
1.4.2 Optimization Algorithm	9
1.4.3 Reliability Engineering	9
1.4.4 Virtual Reality	10
1.5 Project Source and Main Research Scope	11
Chapter 2 Loads Calculation under the Typical Work Conditions	13
2.1 Loads Calculation of the Whole Loader Basics on Different Work Conditions	13
2.1.1 Some Work Conditions for Loader	13
2.1.2 Loads on the Whole Loader under 4 Work Conditions	14
2.2 Loads on Axle Housing	19
2.2.1 Loads on Wheel's center	19
2.2.2 Loads on Bearing Surfaces	19
2.2.3 Calculation of the moments	20
2.3 Calculate by VB	22
2.3.1 Advantages of VB	22

2.3.2 Calculation Results in VB	24
2.4 Conclusion	25
Chapter 3 Static Structural Analysis for Axle Housing.....	26
3.1 Introductions for Tool Software.....	27
3.1.1 Basic Concepts and Basic Equation of the Finite Element Method	27
3.1.2 Solid Works	27
3.1.3 Ansys Workbench Environment.....	29
3.2 Buildings of 3-D model and Finite Analysis model	30
3.2.1 Simplification of the 3-D modeling	30
3.2.2 modeling of the Finite Analysis model	31
3.3 Static Structural Analysis under 3 Work Conditions.....	33
3.4 Conclusion	37
Chapter 4 Modal Analysis and Fatigue Analysis for Axle Housing..	38
4.1 Modal Analysis for Axle Housing	38
4.1.1 Theory of Modal Analysis	39
4.1.2 Steps of Modal Analysis	40
4.1.3 Results of Modal Analysis	41
4.2 Fatigue Analysis for Axle Housing.....	44
4.2.1 Introduction of Fatigue	44
4.2.2 S-N Curve.....	44
4.2.3 Steps of Fatigue Analysis.....	47
4.2.4 Results of Fatigue Analysis	48
4.3 Conclusion	48
Chapter 5 Structure Optimizations of the Axle Housing	49
5.1 Main Problems of Axle Housing	49
5.2 Theories and Flow of Optimization.....	51
5.3 Proposals for Axle Housing Optimization	53
5.3.1 By Changing the thickness of Axle Housing	53
5.3.2 By Changing the Structure of Support	54

5.3.3 By Changing the Location of Support	55
5.3.4 By Changing the Connection ways	56
5.4 Optimal Proposals for Axle Housing	59
5.5 Conclusion	60
Chapter 6 Conclusion and Prospect	61
References	63
Acknowledgments	66

第一章 绪论

1.1 课题的背景与意义

装载机是一种用途较广的施工机械，主要用来装卸土壤、砂石、煤炭等成堆散料及短距离运输作业，也能进行轻度的铲掘工作。换装不同的辅助工作装置还可进行推土、起重及其他物料如木材的装卸作业，被广泛应用于各类建筑、公路、铁路、水电、港口、矿山及国防工程中，是工程建设中土石方施工的主要机种之一。它对加快工程建设速度、减轻劳动强度、提高工程质量、降低工程成本发挥着重要的作用。

装载机在中国的发展历史并不久远，1966 年第一台装载机 Z435 在柳工试制成功，自此中国装载机从无到有，由弱到强，一步一步发展壮大起来。1978 年突破千台，1992 年突破万台，2004 年达到 10 万，2009 年产量突破 17 万台，占据世界装载机三分之二的市场份额。国民经济的发展与国家基建规模及资金投入的增大，促进了我国装载机行业的迅速发展。特别是受益于出口销售量的增长，我国装载机市场正呈现出一些新的发展特点。2008 年上半年，我国装载机市场在克服原材料价格上涨和国家信贷政策紧缩等不利因素的影响，依然表现出快速的增长势头。图 1.1 为我国装载机销售情况图表^[1]。

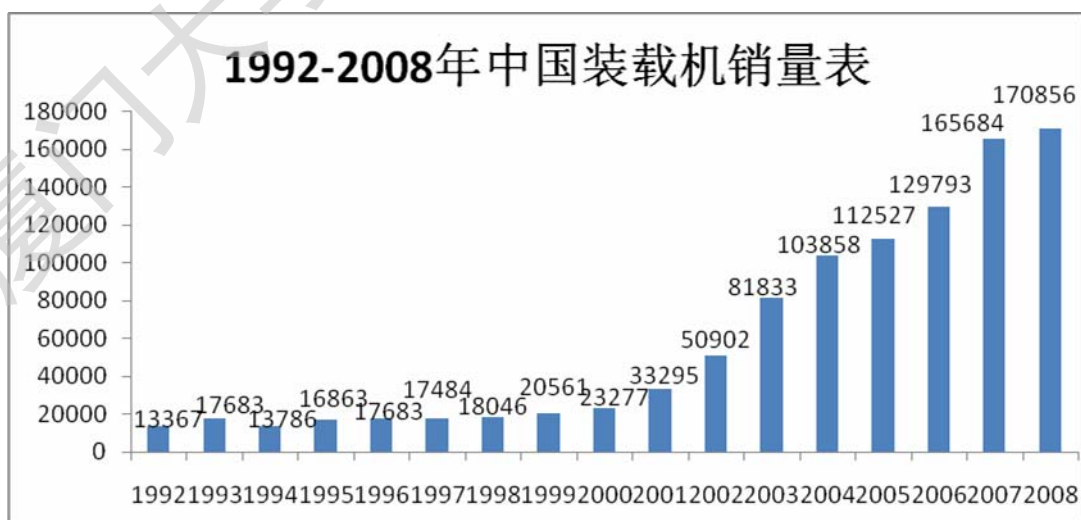


图 1.1 中国装载机销售情况图表

目前装载机行业已经成为中国工程机械行业的一面大旗，而中国也已经成

为世界装载机第一产销大国。但经过连续数年的高速发展，装载机等工程机械传统产品的市场已经渐趋饱和。近年来，随着引进国外技术的增加，出现了许多新型装载机。如 wa470 为引进日本小松公司装载机原机型号，fl460 为引进日本古河矿业公司装载机原机型号，kld85z 和 kld95z 为引进日本川崎重工装载机原机型号，还有德国泽特寿伊公司生产的 ZL 系列等。国内外两大阵营的格局雏形已经显现，竞争日趋激烈。随着整个工程机械行业的持续发展，以及外资企业在中国装载机市场的发力，我国装载机行业正进入新一轮整合期。同时用户对装载机的吨位的要求也不断加大，对装载机动力性能提出了更高的要求。而我国装载机工业在发展的同时，一些问题却也日益显露出来。特别是行业进入门槛极低，价格恶性竞争导致企业盈利能力低下，营销理念缺失，市场难以拓展，产品质量及可靠性差，使用寿命短。此外，产品及组织结构老化以及服务升级增加的成本难以消化等因素严重制约了行业的进一步发展和品质的提高。

总而言之，我国工程机械设备同时面临着前所未有的机遇和挑战。因此，要保障我国装载机持续快速稳步的发展，中国装载机企业必须抓住新的发展形势，在产品研发上体现差异化战略和成本领先战略，继续加强行业以企业国家级技术中心和高校及科研院所为主体的科研开发体系建设，加强对装载机各部件工艺，结构的研究，以实现产品全面升级和技术改造。而驱动桥，作为装载机承载、传力的重要部件，对其进行研究有着重要的意义。

1.2 轮式装载机

根据不同的使用要求，装载机的发展形成了不同的结构类型。通常：按使用场合的不同，分成露天用装载机和井下用装载机；按行走系统结构的不同，分成轮式装载机与履带式装载机。轮式装载机属于铲土运输机械类，具有作业速度快、效率高、机动性好、操作轻便等优点，到目前为止轮式装载机仍是中国装载机行业的最主导的机种之一^[2]。

轮式装载机是工程机械中发展最快、市场需求最大的机种之一。我国现代轮式装载机起始于 20 世纪 60 年代中期的 Z435 型。经过几年的努力，在吸收当时世界最先进的轮式装载机技术的基础上，开发成功了功率为 162KW 的铲

接式轮式装载机，定型为 Z450（即后来的 ZL50），并于 1971 年 12 月 18 日正式通过专家鉴定。就这样我国第一台铰接式轮式装载机诞生了，从而开创了我国装载机行业形成与发展的历史。Z450 型装载机具有液力机械传动、动力换挡、双桥驱动、液压操纵、铰接式动力转向、气推油加力制动等现代轮式装载机的基本结构，为当时世界先进水平，也基本上代表了我国第一代轮式装载的基本结构。该机在总体性能方面具有动力性好，插入力与掘起力大、机动灵活、操纵轻便、作业效率高等一系列优点^[3]。

1978 年，天工所根据机械部的要求，制订出以柳工 Z450 为基型的我国轮式装载机系列标准。制订标准时，保留用 Z 代表装载机，用 L 取代“4”代表轮式，改 Z450 为 ZL50，就这样制订出了以柳工 ZL50 型为基型的我国 ZL 轮式装载机系列标准，这是我国装载机发展史上的重大转折点。该标准制订出来后按当时的行业分工，柳工、厦工制造 ZL40 以上的大中型轮式装载机，成工、宜工制造 ZL30 以下的中小型轮式装载机，逐步形成了柳工、厦工、成工和宜工当时的装载机四大骨干企业。到 70 年代末、80 年代初我国装载机制造企业已增加至 20 多家，初步形成了我国装载机行业。到目前为止，我国轮式装载机已经发展到了第三代，但最基本的结构仍然是由 Z450（ZL50）演变而来。第二代变化不很大，第三代变化稍大一些^[4]。

1.3 驱动桥桥壳结构、发展现状及趋势

驱动桥作为装载机的重要部件，目前国内外针对驱动桥做了大量研究工作，包括结构设计、材料研究、工艺设计、性能分析、维护与保养等。驱动桥位于动力传动系的末端，其基本功能是：1、将万向传动装置传来的发动机转矩通过主减速胎、差速器、半轴等传到驱动车轮，实现降速增大转矩；2、通过主减速器圆锥齿轮副改变转矩的传递方向；3、通过差速器实现两侧车轮差速作用，保证内、外侧车轮以不同转速转向^[5]。

驱动桥一般包括桥壳、主减速器、差速器、半轴、轮边减速机构等主要零部件，转向驱动桥还包括各种等速联轴节，结构更复杂。驱动桥桥壳是车辆上的主要部件之一，非断开式驱动桥的桥壳起着支撑车辆荷重的作用，并将载荷

传给车轮。作用在驱动车轮上的牵引力、制动力、侧向力和垂向力也是经过桥壳传到车架或车厢上。因此桥壳即是承载件又是传力件，同时它又是主减速器、差速器及驱动车轮传动装置的外壳。在行使工作过程中，桥壳承受繁重的载荷，设计时必须考虑在动载荷下桥壳有足够的强度和刚度，为了降低动载荷，在保证强度和刚度的前提下要求减小桥壳质量。桥壳还应该结构简单、制造方便以利于降低成本。其结构还应保证主减速器的拆装、调整、维修和保养方便^[6]。

1.3.1 驱动桥桥壳主要结构^[7-9]

目前驱动桥桥壳主要的结构形式大致分为可分式、组合式和整体式三种。

1、可分式桥壳。可分式桥壳由一个垂直接合面分为左右两部分，中间通过螺钉联成一体。每一部分均由一个铸造壳体和一個压入其外端的半轴管组成，轴管与壳体用铆钉连接。这种桥壳结构简单，制造工艺性好，主减速器支承刚度好。但拆装、维修、调整困难，也很不方便，同时由于桥壳强度和刚度受到结构限制，过去曾用于轻型车上，现在已很少使用了。

2、组合式桥壳。组合式桥壳又称为支架式桥壳，它是将主减速器壳作为桥壳中间部分，而在其两端压入无缝钢管，再用销钉或塞焊加以固定而成。组合式桥壳同样具有可分式桥壳所具有的轴承座支撑刚度好的优点，同时，由于其后端有可拆装的后盖，主减速器和差速器均由后盖孔处装入，因此使拆装、调整主减速器及差速器比可分式桥壳方便。与整体式桥壳相比较，由于组合式桥壳的铸件尺寸较小，因此桥壳质量较小，但它还不具备像整体式桥壳那样可将主减速器及差速器总成调整好后再装入桥壳的优点，而需要边安装边调整。另外，组合式桥壳对加工精度要求较高，整个桥壳的刚度与整体式的相比也差。通常它主要用于轻型和小型轮式车辆上。

3、整体式桥壳。整体式桥壳的特点是将整个桥壳制成一个整体，桥壳犹如一个整体的空心架，其强度和刚度都比较好。且桥壳与主减速器壳分作两体，主减速器齿轮及差速器均装在独立的主减速壳里，构成单独的总成，调整好以后再由桥壳中部前面装入桥壳内，并与桥壳用螺栓固定在一起。使主减速器和差速器的拆装、调整、维修、保养等都十分方便。

整体式桥壳按其制造工艺的不同又可分为铸造整体式、钢板冲压焊接整体式和钢管扩张成型式三种。铸造整体式桥壳的主要优点在于可以制成复杂而理

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库